

扬子鳄栖息地类型的遥感图象分析*

黄祝坚 林恒章 张圣凯

(中国科学院动物研究所,北京) (中国科学院遥感应用研究所,北京)

提 要

扬子鳄是一种珍稀动物,它已经被联合国列为“临危种”之一。对扬子鳄的保护已经被提到日程上来。利用遥感图象分析对扬子鳄栖息地类型的研究,为有关部门选择最佳放养地提供科学依据,以利于扬子鳄的自然生存和繁育达到保护与增殖这一珍稀动物的目的。

扬子鳄是生活于亚热带淡水湖沼地带的爬行动物,是我国特有的珍稀动物,现仅在皖、浙、苏三省毗邻地区有分布。我们在前人考察研究的基础上,应用遥感图象分析技术,着重对目前产地的自然环境进行了判读,探讨了栖息地现代演变的自然背景,划分栖息地类型,为有关部门选择最优放养地区提供科学依据。

一、生态特征与生存环境

扬子鳄是生活于亚热带的变温动物,其新陈代谢随温度而变化,适应低温的能力较差,有营穴冬眠的习惯。每年10月下旬入眠,次年4月底5月初出蛰,当时气温在16—19℃。6月中旬交配,7月产卵,每产多在20个左右,营巢自然孵化,孵化期约70天。在炎热的夏季,主要在夜间活动。

扬子鳄是肉食性动物,喜食螺、蚌、鱼、虾和鼠、蛙等小动物以及水生昆虫。耐饥饿能力很强,几个月不取食亦不致饿死,一般不盗食家禽和小家畜。

充分的水源(包括较高的地下水位),深厚而疏松的土层,竹林或芦滩,灌丛的覆盖构成了扬子鳄必要的栖息环境。

现在世界上尚存在的21种鳄中,大多数分布在热带,只有扬子鳄和密河鳄生存于亚热带。目前,扬子鳄栖息于长江下游上段右岸,北纬30°20′到31°20′,东经118°10′到120°10′的范围内。其地理位置为长江一级支流(青弋江等)河谷冲积平原、岗地(被切割的长江高阶地残存阶面)和丘陵山地的堆积谷地及向河谷冲积平原开口的前山盆地内,栖息地处于亚热带湿润地区,年平均气温在16℃左右;年降雨量为1200—1400mm;植被为混生有常绿乔木和灌木成份的落叶阔叶林,土壤为黄棕壤。但这里并不是鳄类的最佳的栖息环境,现今的长江下游在古生代是连接黄海和湖广海域(今中南地区)的海峡,中生代随着海退逐渐成陆,形成厚层的红色岩系并夹有煤层,可推断当时为植物繁茂、沼泽遍

* 本文承郑威、史瀛仙、陈正宜先生指正,石军梅同志协助图象处理,周静茹同志清绘图表。野外考察工作得到浙江、安徽、江苏三省有关部门支持。特此表示感谢。

收稿日期: 1983年9月20日。

布的湿热环境,两栖类和爬行动物在此繁殖。现在侥幸存下来的扬子鳄栖息环境,冬季冰雪期长达三个月,经常有寒流南侵,最低温度可达 -10°C 。为适应这样逐渐变化的环境,扬子鳄不得不掘穴深达地下2m处,形成了在寒冷的半年时间内休眠于穴中的生活习性^[1]。皖南、浙西北和苏西南地区,河流流经中生代陆相碎屑岩和印支期中酸性侵入岩区时,携带大量碎屑物质,使河谷和平原地区沉积物深厚,粗物质较多,以致土层质地疏松,利于掘穴;河网密度大,湖、塘多,地下水补给来源丰富,水位较高,这些构成鳄类有利的水文环境,并利于螺、蚌、鱼、虾等的大量繁衍,食料丰富;河岸塘边的荒地易生长繁茂的灌木高草,具有良好的隐蔽环境;此外,这一带的人口开发程度低些,在一定程度上反映了当时的自然景观。这就是扬子鳄在广大的冲积平原的生态系统遭到破坏、生存环境渐趋恶化而濒于灭绝的情况下,还能够在目前栖息地留存一定数量种群的基本原因^[2]。

二、调查研究方法

对扬子鳄栖息环境和分布的调查,过去是通过实地考察和访问进行的,所获资料,难

表 1 浙江省安吉县扬子鳄分布及数量

乡名称	村名称	生产队名称	地点	洞穴	数量	最后发现时间
递铺	双勤	16 队	三八塘	2 个	1 条	1982.7.6.
递铺	双河	石虎	芝麻塘	1 个	1 条	1982.7月初
华丰	长龙	陈家潭	陈家潭	4 个	4 条	1982.7.20.
华丰	长龙	湖家	门口塘	1 个	1 条	1982.6月上旬
三官	红星	时坞里	通样沟	2 个	1 条	1982.6月上旬
三官	红星	乌窝样	旧河道	2 个	1 条	1982.7.7.
三官	双联	后桥	官材坑	1 个	1 条	1982.6月初
三官	邹家上		大坞水库	1 个	1 条	1982.7.
三官	三官	十房	杨家冲	1 个	1 条	1982.6.17.
三官	三青		环山坝	1 个	1 条	1982.6.
塘埔	康山		苗山头塘	1 个	1 条	1982.7.9.
	浮士	椅子塔	水库	1 个	1 条	1982.5月上旬
梅溪	勤谊	6 队	后山塘	1 个	1 条	1981.7月初
荆民	上赵	余村	万洋塘	6 个	2 条	1982.5月上旬
小溪口	小溪口	1 队	湾塘	2 个	1 条	1982.7.19.
溪龙	徐村湾	斗角	大塘里	1 个	1 条	1982.6.
良溪	里沟	铁壁村	刘生法	2 个	1 条	1982.5.
	里沟	石冲	俞祖人	1 个	1 条	1982.7.
	里沟		芝麻塘	1 个	1 条	1982.7.
高禹	余石	7 队	荷花塘	1 个	1 条	1982.5.
	高房	山羊冲	大塘里塘	1 个	1 条	1982.5.

以对栖息地类型及其自然条件作全面的了解。为改变这种情况,我们采用地面调查、遥感图象分析相结合的方法,对目前扬子鳄的产地进行图象判读,划分出栖息地类型和分布地的历史变迁,了解其环境特征及开发程度;并探讨其保护和放养的布局方案。

1. 调查资料

1954—1956年,中国科学院动物研究所调查确认安徽省有11个县计122个乡有扬

子鳄的分布。1976年,安徽省农林局再次调查时,仅有9个县的31个乡仍有分布。浙江省安吉县于1982年专门组织调查,获得了扬子鳄产地位置的分布资料(表1)。1979年至1983年,中国科学院动物研究所再次到皖、浙、苏交界区原产地调查,发现江苏已近绝迹,皖、浙总数也很少。1981年,美国国家科学院渡部摩娜博士与动物研究所合作,选取产地三个县的7个乡进行扬子鳄的生活习性和数量(表2)考察^[3]。

2. 遥感图象分析

我们通过对多波段卫星图象的目视判读,分析长江中下游有史记载的扬子鳄分布区的缩小趋势与地表自然环境的关系;分析现存扬子鳄栖息地区的环境特征。同时通过航空象片判读分析扬子鳄与生态环境间的相互关系。

在卫星图象判读中,还采用了不同时间的资料,通过不同季节图象特征的差异区分与识别扬子鳄的栖息环境,如选用作物生长季的7月5日和作物收获后的11月16日两个时间的假彩色合成卫星图象的对比(见图版I:图1),把天然竹林与耕地确切地区分开来。

遥感图象分析还可以通过其所记录的密度,进行微密度量测,扩大不同地物密度间的对比度,还通过等密度分割或常规假彩色合成,相关掩模处理方法,使一部分微弱的地物信息以彩色影象显示出来,提高目视判读的效果^[4]。

表 2

地 点 (乡)	发现扬子鳄数	地貌类型
百元(泾县)	3	谷 地
石铺(南陵县)	4	冲积平原
寒亭(宣城县)	5	谷 地
峰山(宣城县)	26	谷 地
杨林(宣城县)	3	谷 地
东河(南陵县)	22	冲积平原
总 计	63	

三、栖息地类型及其图象判读标志

将调查收集所得的分布资料与遥感图象相对照,便可明确扬子鳄的栖息地类型及其对生态环境的要求。目前有如下三种栖息类型:

1. 水源充足、覆盖人工植被的冲积平原;
2. 水源良好、有残留天然植被的冲沟谷地、山沟谷地及冲积平原开口的山前盆地;
3. 与前两种类型连接并有中小型水库以及保存有天然植被的坡麓地带。

多波段卫星图象的密度主要反映地表水和地面覆盖状况,我们选用1975年6月7日成象的卫星影象。首先进行剖面微密度扫描量测,以Mss-7负片的量测值为例,各有关地物的密度值分别为:水体0.55—0.7;冲积平原0.85—0.95;冲沟谷地0.88—1.14;堆积盆地0.83—1.14;岗地1.07—1.17;丘陵地1.14—1.34;山地1.45—1.75。它们之间有明显的密度差,可作为划分栖息地类型的一种依据(图2)。

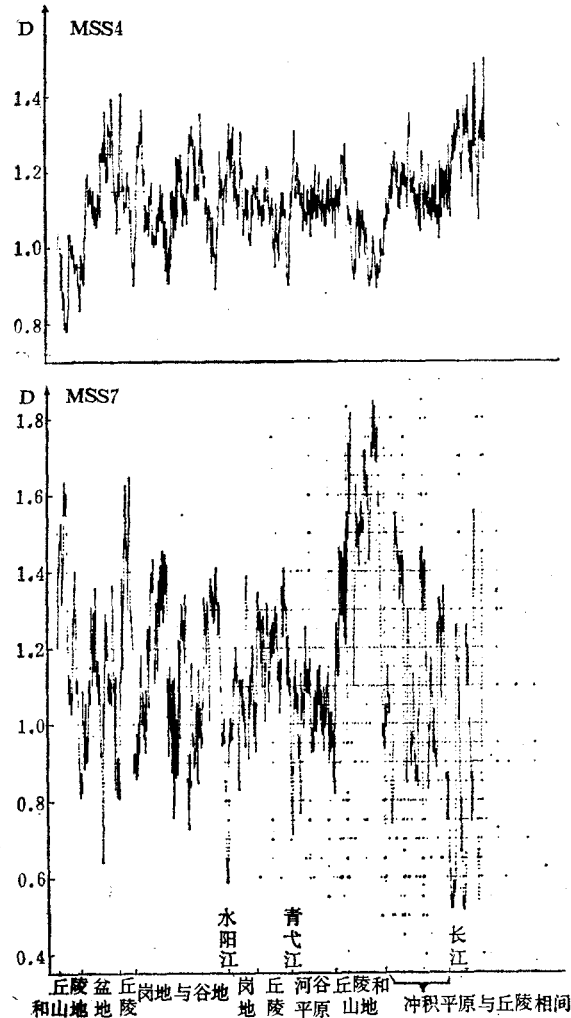


图2 陆地卫星负片扫描密度曲线

其次进行标准假彩色合成(见图版 II: 图 3), 由于水系与作物的共同作用使冲积平原呈现灰黑—桔红—淡蓝等三种醒目易辨的色彩; 谷地与盆地普遍以淡蓝的色彩显示, 插于岗地和丘陵山地间, 而岗地则呈土黄—桔黄色, 丘陵山地呈淡红—深红色, 散布于前山区的水库, 清晰地显示出深蓝色斑。

在经过相关掩模处理的南京幅卫星图象上(见图版 II: 图 4), 1978 年 5 月 13 日成象, 扬子鳄目前栖息地的三种类型, 均有良好的区分标志(表 3)。在细节反映上, 较假彩色合成图象更逼真, 特别是对谷地的轮廓与分岔及小面积水体有很好的表现力。等密度分割也有类似的效果, 它通过鲜明的色彩把山、丘、岗、平原划分出来, 但对象谷地这样的相对细小的类型的显示力则不太明显, (见图版 IV: 图 5)。

据上述光学处理卫星图象, 编制出现代扬子鳄栖息地类型图(如图版 III: 图 6 所示)。扬子鳄目前栖息地(表 4)以乡为单位标绘于图上, 可以明显地看出它们与谷地和盆地的依

表 3 扬子鳄栖息地类型的遥感图象特征分析

地貌		土地覆盖				彩 象 特 征**					扬子鳄生存情况
类型	高程(米)	农田	草地 灌丛	竹林	森林	图斑	色调	密 度			
								黄	品红	青	
平原	20以下	✓				均匀点状影象	蓝色 紫红色	0.74 0.73	0.83 0.67	0.99 0.22	过去有, 现很少见
谷地与盆地	冲谷地20—40 山谷地 40—100	✓		✓		羽毛状影纹 斑状影纹	浅草绿色	0.48	0.25	0.27	目前主要 生存区
岗地	40—100	✓	✓	✓		垄状影象	绿色 枯黄色	0.73 0.70	0.43 0.36	0.51 0.25	生存区
丘陵	100—250	✓	✓	✓	✓	不规则小 块影象	墨绿色 红色	0.92 1.29	0.61 0.97	0.57 0.21	部分山塘 水库有
山地	250以上		✓		✓	不规则大 块影象	深红色	1.32	1.09	0.18	没有生存

注: ✓表示有覆盖; ** 据 1978 年 5 月 13 日南京幅相关掩模光学处理卫片量测。

存关系。

航空象片比例尺大,分辨力高,适于对栖息地作具体分析。以浙江省安吉盆地为例,西苕溪的 4 条支流相汇于此,盆地底部为第四纪堆积发育,而农业开垦面积尚不大,河岸及湖塘旁生长有茂密的竹林与灌丛,在四十平方公里之内就有八处扬子鳄栖息地。通过判读分出竹林、水田、旱地、灌丛地、林地、居民地的分布(见图版 I: 图 7)。将调查当年(1982 年)的扬子鳄出没地点(参见表 1)标绘于图上,发现多数栖息在河岸塘旁的竹林中,少数栖息于森林和灌丛植被下的河岸或小水库旁(见图版 IV: 图 8)。应用 1982 年拍摄的彩色红外航空象片(见图版 IV: 图 9),调查研究了宣城县养贤乡驻地附近,发现这里农业开发已达到极高的程度,扬子鳄已丧失其荫蔽的生态环境。因此自 1956 发现以来,再未见到其踪迹。

四、栖息地的历史变迁和现代演变分析

扬子鳄在我国《诗经》等古籍中早有记载,战国至西汉时代,江淮之间,长江中下游等广大地区都有扬子鳄分布。唐代到清代,向南收缩到长江下游^[5]。目前仅残存于皖、浙、苏交界地区之一隅。

据前述栖息环境图,将 1956 年和 1976 年普查所得的资料按乡标注于上,编制了扬子鳄栖息地现代演变图(图 10, 表 4)着重探讨了这二十年间栖息地的缩小情况及其与栖息环境的关系。图上直观地表示出 1956 年时,几乎长江右岸的整个皖南平原地区都有扬子鳄栖息,短短的二十年之后,分布面积竟缩小了近四分之三,并且几乎从全部的冲积平原地区消失。由于人工开发和施用农药、化肥,总体生态平衡受到破坏,冲积平原已不是扬子鳄的天然栖息地类型;而谷地则成了目前扬子鳄的主要栖息环境。应该指出,1956 年以后,由于生产发展的需要,在前山区的河谷里和冲沟的沟头修建了许多大小的山塘、水库,扩大了富水区域,改善了动植物的生态环境,造就了新的一类适于扬子鳄生存的栖息地,从生态平衡角度看,这是目前最有意义、最有前途的栖息地类型。据近年调查,地处冲

表 4 扬子鳄目前栖息环境 (据 1976—1982 年调查资料汇集)

省份	县名	所 在 乡 名 称
安徽省	芜湖	① 赵桥 ② 红杨
	南陵	③ 东河 ④ 九连 ⑤ 工山 ⑥ 石铺 ⑦ 弋江 ⑧ 奚滩 ⑨ 童瞳 ⑩ 峨岭 ⑪ 烟墩
	青阳	⑫ 西华
	泾县	⑬ 三里店 ⑭ 昌桥 ⑮ 百元
	无为	⑯ 蛟矶
	宣城	⑰ 寒亭 ⑱ 峰山 ⑲ 黄渡 ⑳ 水东 ㉑ 杨林 ㉒ 新田
	宁国	㉓ 太平 ㉔ 青龙桥 ㉕ 畝村
	郎溪	㉖ 飞鲤 ㉗ 南丰
浙江省	安吉	㉘ 塘浦 ㉙ 递铺 ㉚ 华丰 ㉛ 三官 ㉜ 良溪 ㉝ 高禹 ㉞ 梅溪 ㉟ 溪龙 ㊱ 荆民
	长兴	㊲ 管棣 ㊳ 天平 ㊴ 林城 ㊵ 大云
江苏省	宜兴	㊶ 湖汶 ㊷ 周墅 ㊸ 川埠 ㊹ 善卷 ㊺ 铜峰

沟谷地的宣城县峰山乡的裘村水库,面积只有 0.25 平方公里左右,即生活有 8 条以上的扬子鳄。水库周围居民点和耕地不多,又有相对独立的管理系统,库岸的绿化很好,因此有充分的条件建立起适于扬子鳄栖息繁衍的生态系统,这样,前山区水库就能成为良好的放养地。

五、对扬子鳄保护与放养的布局

上海、宁波、南昌、北京动物园都先后成功地进行着扬子鳄的人工饲养、繁殖,上海动物园在国内首先获得捕养繁殖的成功。从七十年代末期起,安徽省在宣城县农村,浙江省在长兴、安吉两县农村建立了扬子鳄饲养繁育基地,育出一定数量和达到一定年龄后,再放回自然界使其天然繁殖。1981 年,安徽省及浙江省又规划了扬子鳄自然保护区。

以圩田为特点的冲积平原地区的生态系统,已很难使自然种群长期延续下去,而谷地可看成伸入岗、丘内部的条带状“冲积平原”,是目前鳄体分布最广的栖息地类型,有超过百条的扬子鳄散布其中。所以谷地和盆地(安吉)只要予以保护,就能使扬子鳄种群得以延续,还可在沟头、山塘或小水库中辅以适量放养。第三种栖息环境类型——前山区的中小型水库,现有的扬子鳄不多。这些水库绝大多数都建在海拔不到 200m 的山谷中,有一定的水、土条件,水库中繁育大量的螺、蚌、鱼、虾等,为扬子鳄提供了充足的食物;气温会低一些,但对于冬季蛰居洞穴中的扬子鳄来说,不致构成威胁。如能结合库岸保护和多种经营,营造适于扬子鳄对荫蔽条件要求的细竹和灌木林,那么,前山区水库就可成为最好的放养鳄群的天然栖息环境。

值得提出的是:遥感手段可以重复取得资料。尤其是陆地卫星目前以 18 天为周期对同一地区重复观测,对提供的图象进行分析,有利于对扬子鳄生态环境动态的及时了

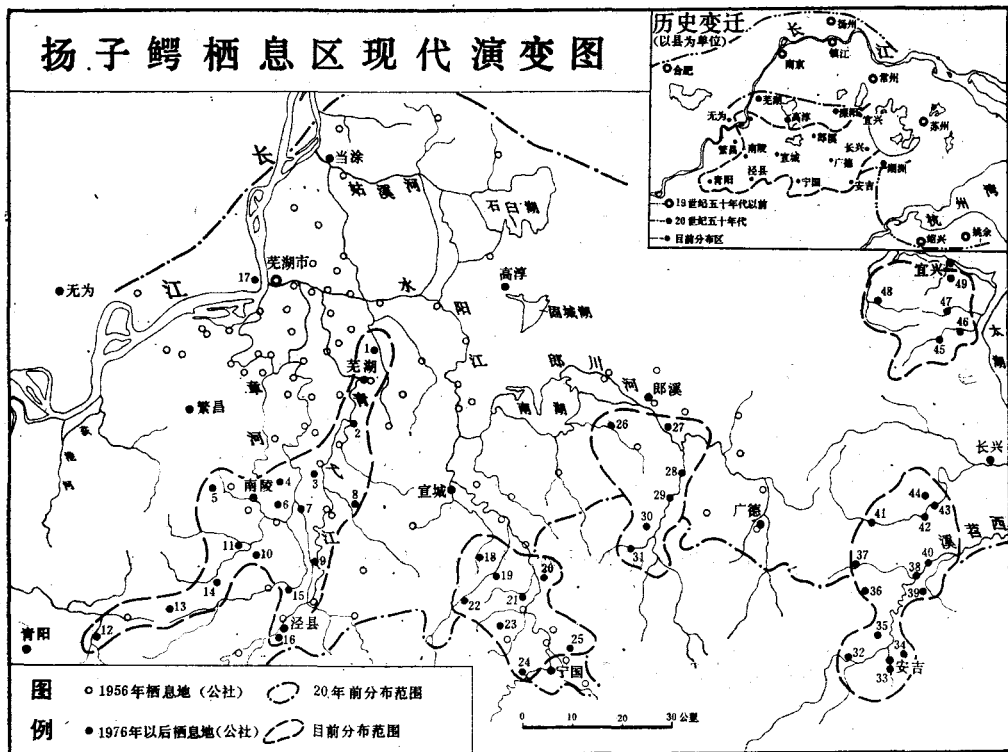


图 10 长江下游扬子鳄栖息地演变图

解。同时，还可以了解到环境发展变化的方向和程度。从而检查保护措施的实际效果，利于及时改进和加强。此外，如若今后出现对扬子鳄生存有明显威胁的灾害性气候，遥感方法能适时取得灾区范围及灾害程度的信息，为及时制订与实施挽救方案提供条件，从保护扬子鳄这一濒危种来说，其意义是很大的。

六、结 语

1. 当前的扬子鳄栖息地类型以堆积型谷地或盆地为主。前山区水库，是新的有前途的栖息地类型。对前者主要采取保护措施；对于后者则采取人为繁殖自然放养的方针，使之野生化并能自然繁殖。
2. 保护和放养要统筹规划，分散实施，并制订有法律和经济内容的条例，以扩大实际效果。
3. 用遥感图象分析扬子鳄的栖息地类型的精确度较高。并可就图象所显示的综合信息对扬子鳄种群的动态进行预测。

参 考 文 献

[1] 朱承瑄, 1957. 鼈生活史的初步研究. 动物学报 9(2): 129—144.
 [2] 黄祝坚, 1959. 关于扬子鳄研究的补充. 动物学杂志 3(6): 275—277.
 [3] 渡部摩娜、黄祝坚等, 1982. 应用卫星遥感技术对扬子鳄栖息地初步观测. 自然杂志 5(11): 852—854.
 [4] 阎守岱、张圣凯等, 1981. 实用遥感图象光学处理方法——相关掩模处理技术. 科学出版社.
 [5] 文焕然、黄祝坚等, 1981. 试论扬子鳄的地理变迁. 湘潭大学学报 5: 112—122.

- [6] 陈述彭、林恒章等, 1982。海南岛航空象片判读文集。测绘出版社。
- [7] 熊毅、周立三, 1982。试论人工生态系统——兼论太湖流域的发展。环境科学学报 2(1): 1—9。
- [8] 徐钦琦、黄祝坚, 1984。试论晚白垩纪以来气候、地理等因素的变化对两栖类的进化及地理分布等影响。古脊椎动物学报 22(1): 49—53。
- [9] Huang Chu-chien (黄祝坚), 1982. Protecting our Rare Yangtze Alligators. *China Reconstructs* 31 (1): 74—75.
- [10] Huang Chu-chien (黄祝坚), 1982. The ecology of the Chinese alligator and changes in its geographical distribution I. U. C. N./s. s. c. 54—62.
- [11] Myrna, E. Watanabe and Huang Chu-chien, 1982. Crocodylia-Chinese Alligator The IUCN Amphibia-Reptilia Red Data Book Part I.

AN ANALYSIS OF THE REMOTE SENSING IMAGE OF THE CHINESE ALLIGATOR'S HABITAT

Huang Zhujian

(*Institute of Zoology, Academia Sinica, Beijing*)

Lin Hengzhang and Zhang Shengkai

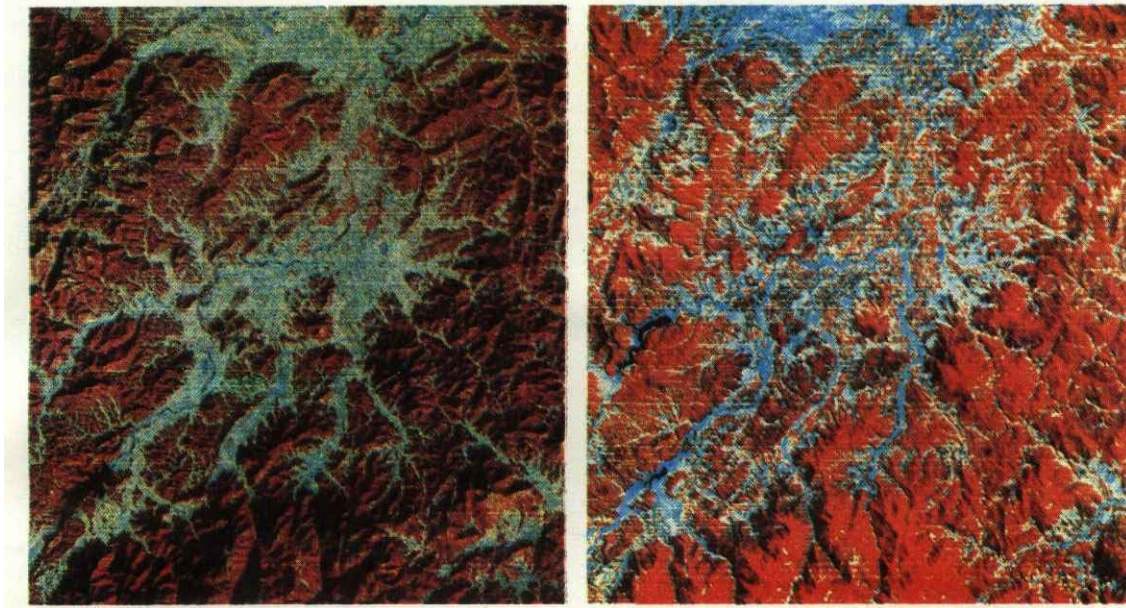
(*Institute of Remote Sensing Application, Academia Sinica, Beijing*)

ABSTRACT

The Chinese Alligator is a rare animal and has been listed as one of the endangered species by the United Nations as its natural habitat and ecological environment are increasingly threatened by various factors.

Remote sensing images by Landsat system reveals that the Chinese "yangtze" Alligator's habitats has been shrunked from the alluvial plains with lakes and marshes to river valleys and basins and some even to the reservoirs and mountainous ponds. The change of their habitat was mainly due to the drainage of the marshland reclaiming land from the lakes and forest destruction.

Ways such as preservation of its natural ecological environment, plantation of trees, bamboo to provide a shadowy condition, and artificial breeding are suggested to keep the species from extinction.



a. 1973.11.16

b. 1978.7.5

图1 安吉盆地假彩色合成 (1:50万) 卫星影像

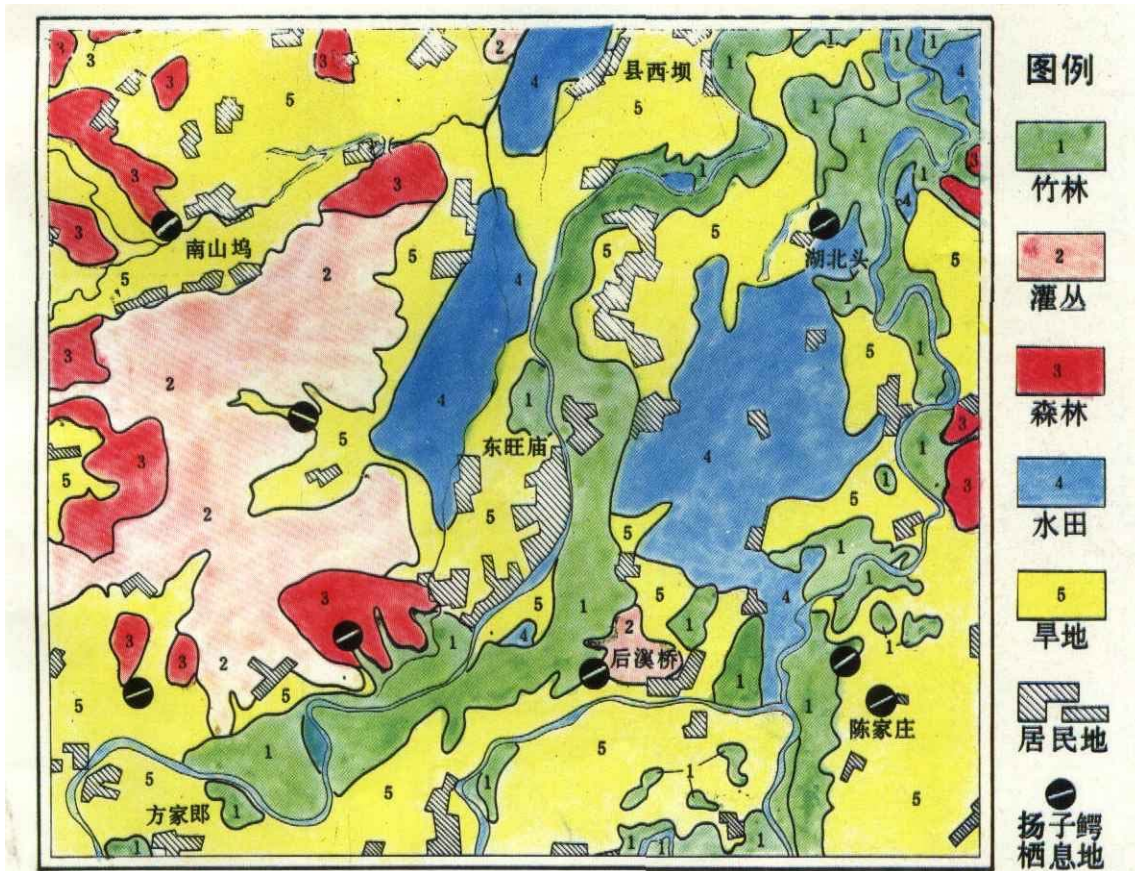


图7 安吉盆地扬子鳄栖息环境典型分析图 (1:50000)



图3 假彩色合成卫星图象 (1 : 50 万) 所反映的景观特征

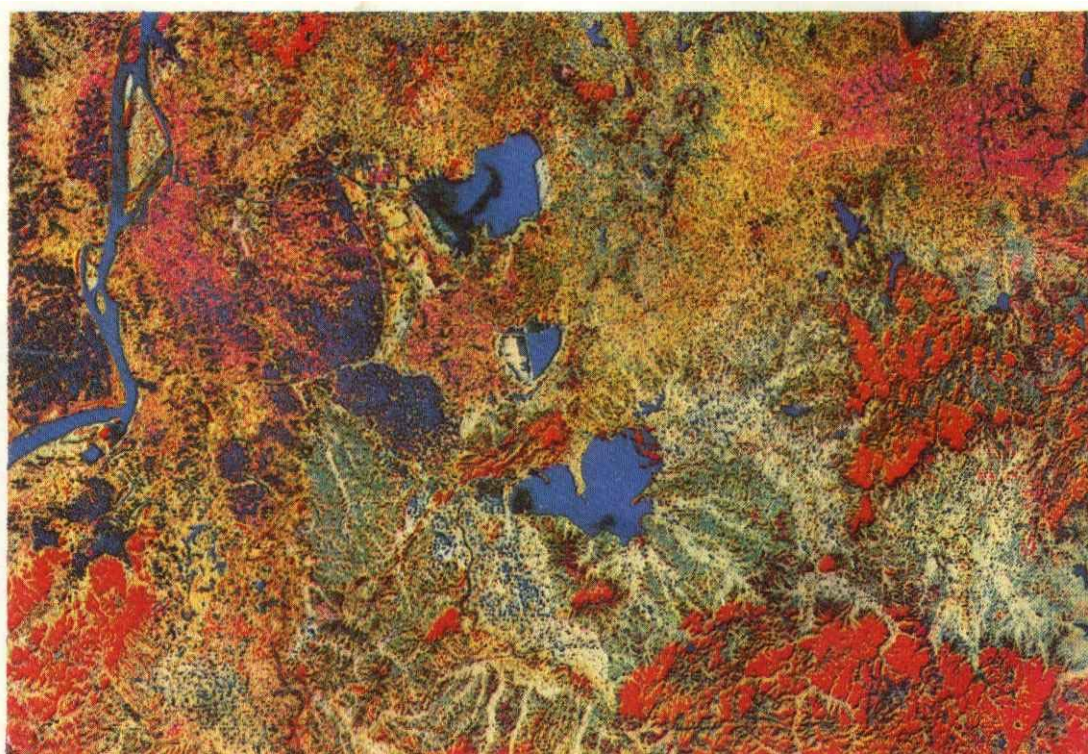


图4 相关掩模光学处理卫星图象所显示的栖息地类型 (表3)

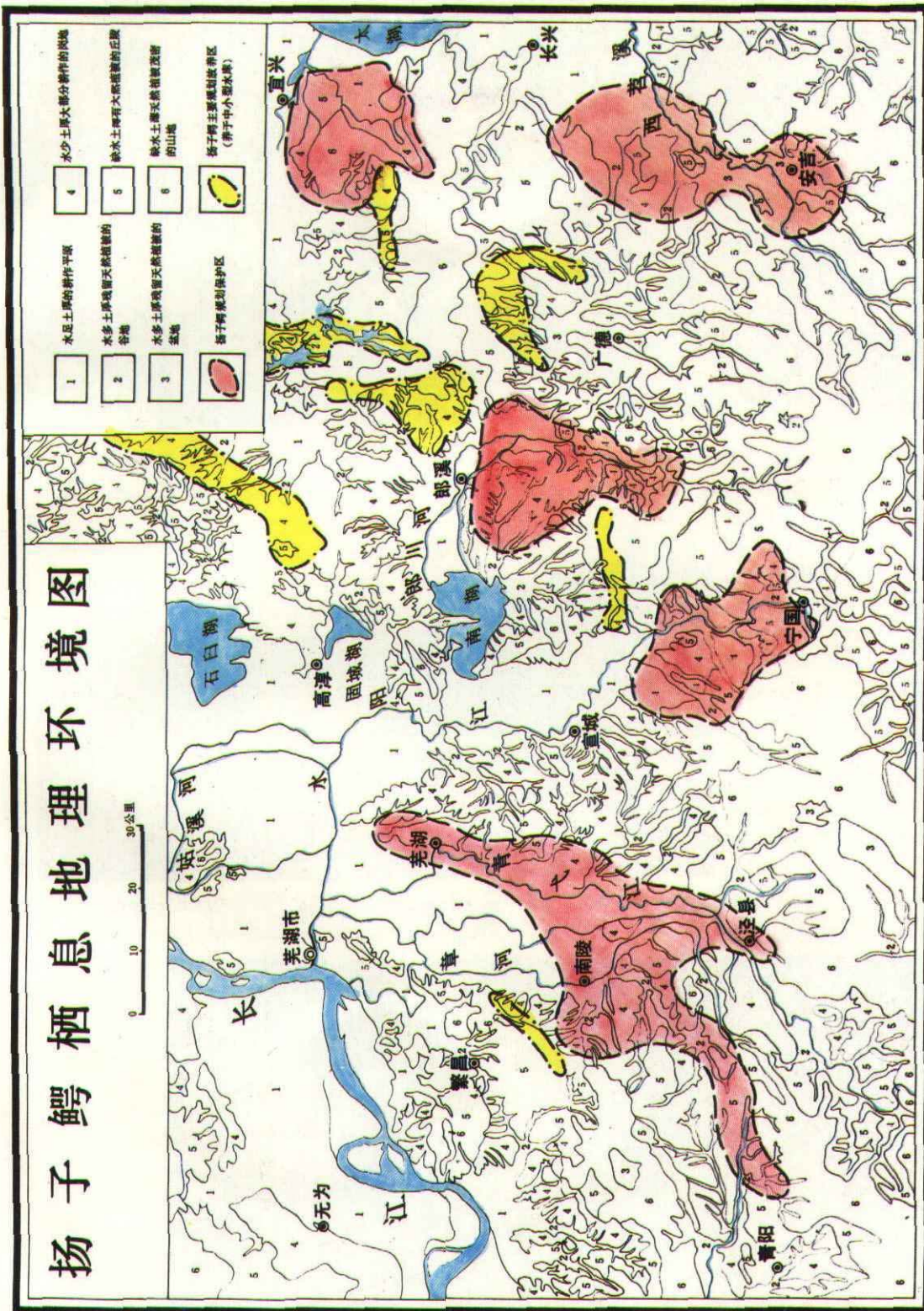


图 6 扬子鳄栖息地地理环境的图象分析

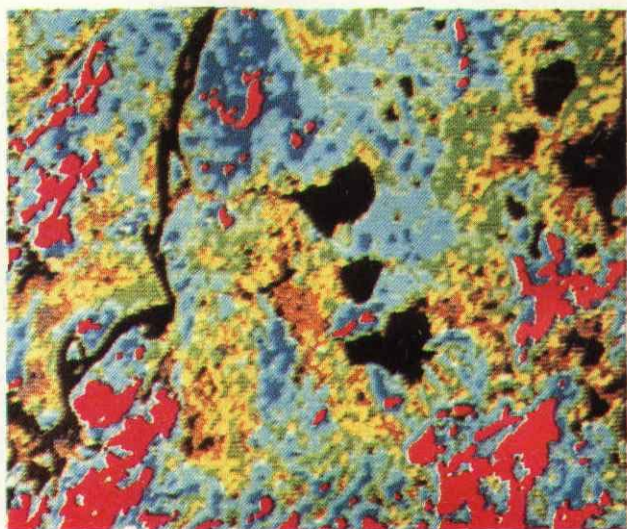


图 5 等密度分割的卫星图象



图 9 彩色红外象片

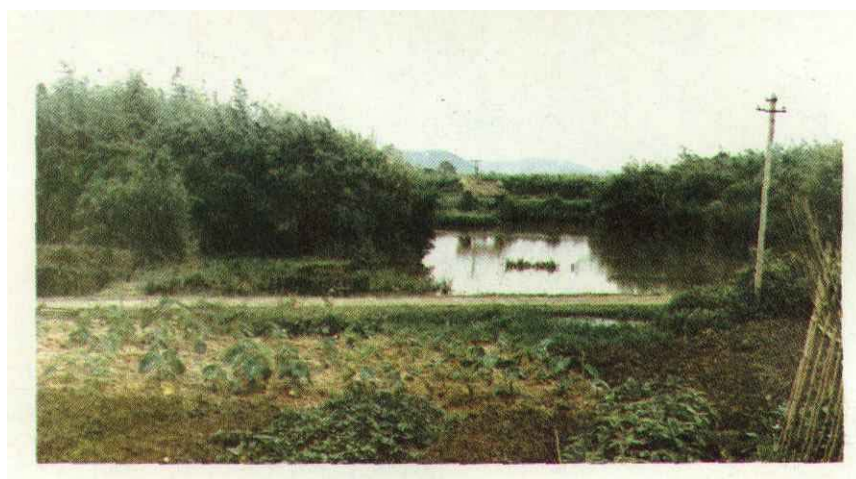


图 8 扬子鳄栖息环境



图 11 扬子鳄栖息地